

# DER NÜCHTERNBLUTZUCKER IM HOCHGEBIRGE

erschienen in  
**Helvetica Physiologica et Pharmacologica Acta**  
Vol. 6, Fasc. 4, 1948

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung  
der Würde eines Doctor medicinæ  
der Universität Bern  
vorgelegt von

**Franz Ulrich Herrmann**  
von Rohrbach (Kt. Bern)

Chs. & W. Gassmann, Biel

1900



# DER NÜCHTERNBLUTZUCKER IM HOCHGEBIRGE

erschienen in

Helvetica Physiologica et Pharmacologica Acta

Vol. 6, Fasc. 4, 1948

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung

der Würde eines Doctor medicinae

der Universität Bern

vorgelegt von

**Franz Ulrich Herrmann**

von Rohrbach (Kt. Bern)



Auf Antrag des Herrn Prof. Dr. von Muralt von der  
medizinischen Fakultät zum Druck als Dissertation  
genehmigt.

Bern, den 14. Dezember 1949.

Der Dekan der med. Fakultät:  
Prof. Dr. C. Hallauer

Die bis 1944 erschienenen Arbeiten über das Verhalten des Nüchternblutzuckers (NBZ) im Hochgebirge und bei künstlich vermindertem  $O_2$ -Partialdruck sind bei *Wiesinger* und *Schertenleib* (1) zitiert. Aus diesen ist ersichtlich, wie uneinheitlich und zum Teil widersprechend die Ergebnisse bei gleicher Fragestellung sind. Gewisse erweiterte Grundlagen in bezug auf Methodik und Versuchsanordnung, auf welche im folgenden eingegangen wird, veranlaßten uns, noch einmal das Verhalten des NBZ-Spiegels beim Übergang vom Tiefland ins Hochgebirge und über längere Zeit daselbst zu verfolgen. Es schien uns wahrscheinlich, daß die Gründe für die zum Teil divergierenden Resultate früherer Untersucher in der Methodik und besonders in der jeweils gewählten Versuchsanordnung zu suchen sind.

### Methodik und Versuchsanordnung

Im Blut sind außer Glukose noch Stoffe vorhanden, die in der am häufigsten angewandten Reduktionsmethode zur Bestimmung des Blutzuckers (BZ) ebenfalls reduzierend wirken: so Glutathion, Ergothionein, Harnsäure, Kreatinin, nach *Isaac* und *Siegel* (2) ebenfalls Glykuronsäure und Diphosphoglycerinsäure und nach *Stepp* (3) auch Acetaldehyd. Diese Stoffe machen bei der BZ-Bestimmung in ihrer Gesamtheit die sogenannte Restreduktion aus. Sie beträgt, auf Glukose berechnet, nach *Isaac* und *Siegel* (2) 5–10 mg %, nach *Fujita* und *Iwatake* (4) bis 30 mg % und nach *Sjollema* (5) bis 40 mg %. Eine Reduktionsmethode liefert deshalb nur dann wahre BZ-Werte, wenn die Restreduktion im Gärungsverfahren bestimmt oder durch Spezialfällungen ausgeschaltet wird: nach *Somogy* (6) mit  $Zn(OH)_2$  bei pH 7,4, nach *Fujita* und *Iwatake* (4) mit  $Cd(OH)_2$  bei pH 11,5–12,2. Während nach der meist angewandten Methode von *Hagedorn-Jensen* (7) die außer dem BZ noch reduzierenden Substanzen durch  $Zn(OH)_2$  (bei pH 6,8) nicht vollständig ausgeschaltet werden, befinden sich in dem mit  $Cd(OH)_2$  entweißten Filtrat außer Zucker keine der oben erwähnten reduzierenden Stoffe mehr.

Besondere Beachtung verdient das Glutathion, das nach den Angaben von *Fujita* und *Iwatake* (4) in dem nach *Hagedorn-Jensen* (7) entweißten Filtrat noch zu 30 % des sich im Blut befindlichen Glutathions vorhanden ist. *Delrue* und *Fischer* (8) beobachteten auf Jungfraujoch (J.) eine durchschnittliche Erhöhung desselben von 100 % (nicht nur als Folge der Polyglobulie). Auch in den Unterdruckkammerversuchen von *Heyden* (9) und *Santavy* (10) stieg der Blutglutathionspiegel an. Diese Zunahme bringt im Hochgebirge eine Erhöhung der Restreduktion mit sich, die sich bei der *Hagedorn-Jensen*-Methode in einem noch stärkeren Abweichen der ermittelten Werte vom wahren BZ-Wert ausdrücken kann (scheinbar erhöhte BZ-Werte).

*Fujita* und *Iwatake* (4) wählten einen Phosphatpuffer vom  $p_H$  11,5–12,2, weil im Carbonatpuffer (Methode *Hagedorn-Jensen* –  $p_H$  6,8) die Reduktion des Kaliumferri-cyanids durch je ein mg Glukose stark vom  $p_H$  der Lösung abhängt, während im Phosphatpuffer vom  $p_H$  11,5–12,2 diese Abhängigkeit nicht besteht und auch bis  $p_H$  10,5 der Fehler wesentlich geringer als im Carbonatpuffer ist.

Zur Ermittlung der wahren BZ-Werte und zum Vergleich mit den früheren Arbeiten, deren BZ-Analysen, soweit sich feststellen ließ, nach der Methode *Hagedorn-Jensen* ausgeführt wurden, machten wir Parallel-Bestimmungen nach der Methode von *Fujita* und *Iwatake* (4) und nach derjenigen von *Hagedorn-Jensen*.

Die Art des Einflusses von Kochzeit und Siedetemperatur des Wassers bei der BZ-Bestimmung im Reduktionsverfahren mit Ferricyankalium wurde in unserer früheren Arbeit besprochen (41). Aus den dort erwähnten Gründen blieb das Reduktionsgemisch sowohl in Lauterbrunnen als auch auf Jungfrauoch jeweils 45 Minuten in einem Wasserbad von  $85^{\circ}$ .

Unsere Versuche dauerten vom 5. bis 26. Januar 1946. Vorperiode in Lauterbrunnen ( $Lb_I$ ) vom 5. bis 11. Januar 1946; Auffahrt nach Jungfrauoch am 11. Januar nachmittags. Aufenthalt in der hochalpinen Forschungsstation (3457 m) bis zum 22. Januar 1946, Talfahrt am Morgen des 22. Januar 1946. Nachperiode in Lauterbrunnen ( $Lb_{II}$ ) bis 26. Januar 1946.

Als Vp hatten sich vier 20–23jährige gesunde Studenten (Vp F, H, T und X) zur Verfügung gestellt. Die Blutentnahmen erfolgten täglich im Bett unmittelbar nach Erwachen um 07.00 Uhr viermal bei fünfminütigem Intervall mit Schnepperstich an der Fingerkuppe (nach einem fünf Minuten dauernden Handbad); das entnommene Blut wurde mit Spuren von Natriumfluorid und Liquoid «Roche» versetzt. Die letzte Nahrungsaufnahme lag jeweils zehn Stunden zurück. Die Vp hatten sich von Alkohol, Nikotin und Koffein zu enthalten und mußten sich einem geregelten Gemeinschaftsleben unterziehen. An den Nachmittagen betrieben sie während ca. zwei Stunden leichten Sport.

Es wurden Doppelbestimmungen ausgeführt, welche bei Abweichungen über 3,3% wiederholt wurden. Der Faktor der Thiosulfatlösung wurde täglich bestimmt. Zur Kontrolle des Arbeitsganges und der Kaliumferri-cyanidlösung wurde täglich gleichzeitig mit dem Blut nach beiden Methoden eine Glukosestandardlösung mitbestimmt.

## Ergebnisse

### A. Methode *Fujita* und *Iwatake* (4)

Der nach dieser Methode bestimmte tägliche Mittelwert sämtlicher Vp, berechnet aus den Mittelwerten der einzelnen Vp, ist aus Abbildung 1 ersichtlich. Die Ausgangswerte des ersten und zweiten Versuchstages in  $Lb_I$  wurden nicht eingetragen, da an diesen zwei Tagen die Vp T und X Werte aufwiesen, die sowohl von denen der andern Vp als auch von den ihrigen später gefundenen so stark abwichen, daß sie zur Berechnung der Mittelwerte sämtlicher Vp nicht verwendet werden durften (die täglichen Mittelwerte der einzelnen Vp vom 1. und 2. Versuchstag sind in Abbildung 3 eingezeichnet).

In der untern Kurve sind die täglichen Mittelwerte und die nach der Formel

$$\left( \sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum d^2}{(n-1)}} \right)$$

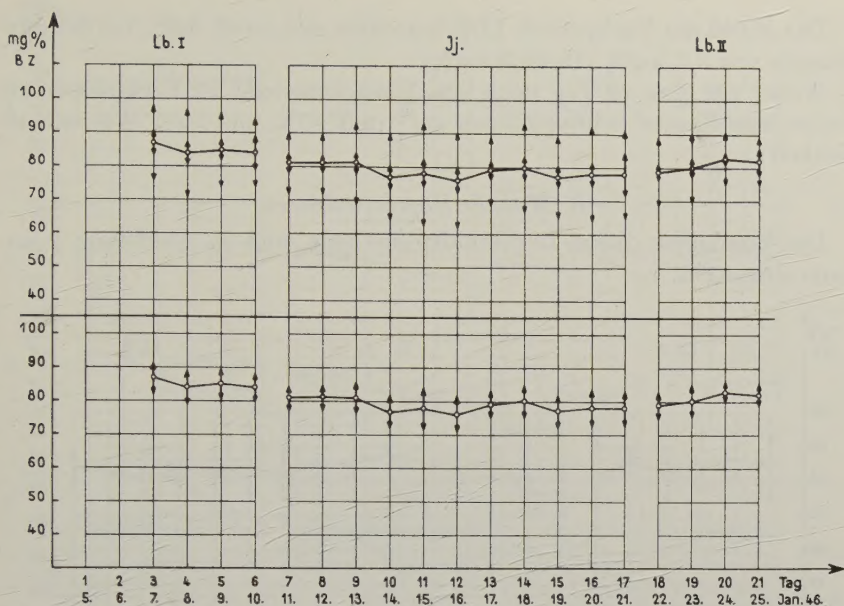


Abb. 1. Tägliche Mittelwerte sämtlicher Vp, berechnet aus den Mittelwerten der einzelnen Vp. Die obere Kurve zeigt die Mittelwerte mit den mit 99% Wahrscheinlichkeit berechneten Streuungen der Einzelwerte (äußere Pfeile) und mittleren Fehler der Mittelwerte (innere Pfeile). In der untern Kurve sind die Mittelwerte mit den mit 65% Wahrscheinlichkeit berechneten Streuungen der Einzelwerte eingezeichnet. Die Mittelwerte vom 1. und 2. Versuchstag sind nicht eingetragen (Methode *Fujita* und *Iwatake*).

berechnete Streuung  $\sigma$  der Einzelbeobachtung mit 65% Wahrscheinlichkeit eingezeichnet. Der mittlere Fehler  $\varepsilon$  des Mittelwertes

$$\left( \varepsilon = \pm \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n(n-1)}} \right)$$

mit 65% Wahrscheinlichkeit wurde der Übersicht wegen nicht eingetragen; sein arithmetisches Mittel beträgt 1,35. In der obern Kurve sind die täglichen Mittelwerte und die mit 99% Wahrscheinlichkeit (2,5766) berechneten Streuungen der Einzelwerte und mittleren Fehler der Mittelwerte aufgezeichnet.

Im Verlaufe der sechs Tage dauernden Vorperiode Lb<sub>I</sub> stellten sich die Mittelwerte auf einen Mittelwert von 85 mg% ein und weisen Schwankungen von 3 mg% auf (84–87 mg%).

In der Versuchsperiode Jungfrauoch beträgt das Mittel aller Mittelwerte 78,7 mg%, die Extremwerte unter den täglichen Mittelwerten schwanken um 5,5 mg% (76–81,5 mg%).

Das Mittel der Nachperiode  $Lb_{II}$  berechnet sich zu 81 mg% bei Schwankungen von 3,5 mg% (79–82,5 mg%).

Weder von Tag zu Tag noch von Versuchsperiode zu Versuchsperiode treten signifikante Schwankungen auf (mit 65% und 99% Wahrscheinlichkeit).

### B. Methode Hagedorn-Jensen

Die Ergebnisse dieser Bestimmungsmethode sind in Abbildung 2 zusammengestellt.

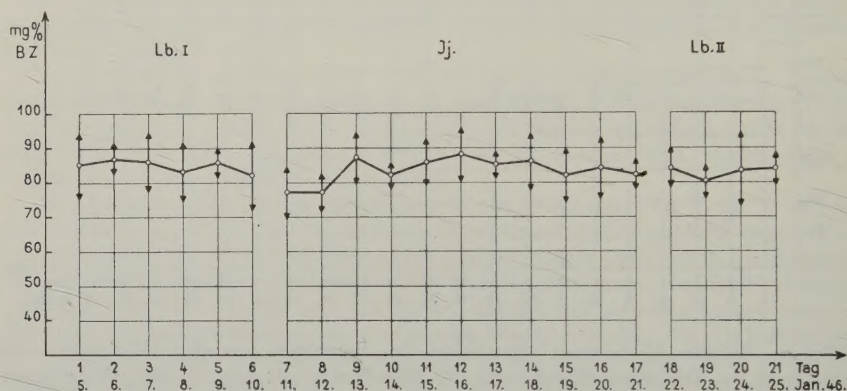


Abb. 2. Tägliche Mittelwerte sämtlicher Vp, berechnet aus den Mittelwerten der einzelnen Vp; mittlere Fehler der Mittelwerte mit 99% Wahrscheinlichkeit (Methode Hagedorn-Jensen).

Das Mittel der täglichen Mittelwerte aller Vp beträgt für  $Lb_I$  85 mg%; die täglichen Mittelwerte aller Vp schwanken um 5 mg% (82–87 mg%). Die entsprechenden Werte vom Jungfraujoch zeigen ein Mittel von 83,5 mg% bei Schwankungen von 11 mg% (77–88 mg%). Das Mittel von  $Lb_{II}$  ist 81,9 mg%; die größte Schwankung beträgt hier 4 mg%.

In Abbildung 3 sind die nach beiden Methoden bestimmten täglichen Mittelwerte der einzelnen Vp miteinander verglichen.

Während  $Lb_I$  sind die Werte fast gleich (ausgenommen bei Vp T und Vp X am 1. und am 2. Versuchstag); das Mittel beträgt, wie oben erwähnt, nach beiden Methoden 85 mg%.

Während des Höhengaufenthaltes zeigen die Kurven mit Ausnahme derjenigen von Vp T ein ähnliches Verhalten. Die größte Differenz zwischen den täglichen Mittelwerten nach beiden Methoden beträgt 16 mg% (bei Vp T am 12. und 14. Versuchstag). Die Differenz der Mittel der Mittelwerte während Jungfraujoch nach beiden Methoden beträgt bei Vp F 4,5 (2,7) (die entsprechenden Werte von  $Lb_I$  sind in Klammern angeführt), bei Vp H 4,7 (0,7) bei Vp T 8 (1,6) und bei Vp X 0,2 (0,8) mg%.

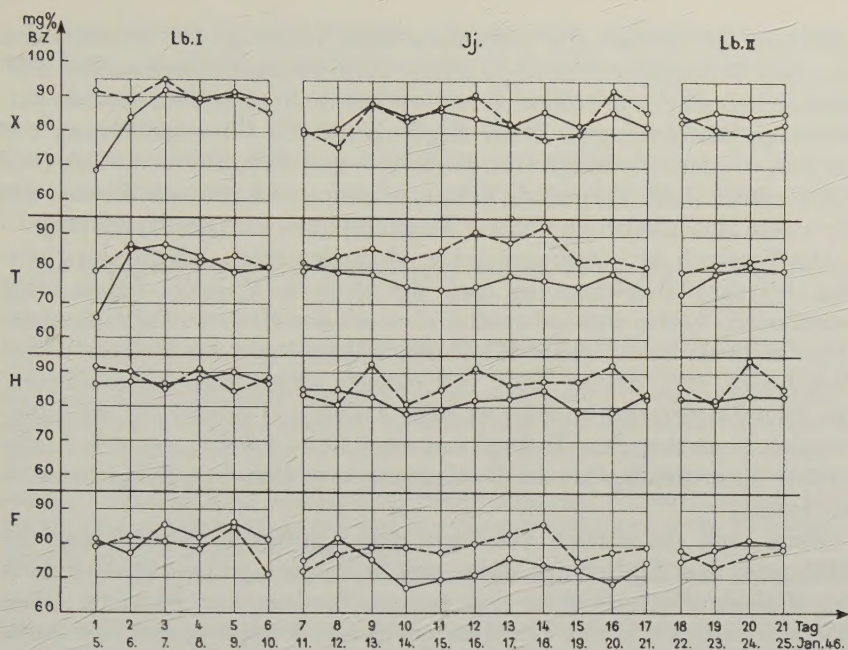


Abb. 3. Tägliche Mittelwerte der einzelnen Vp (— Methode *Fujita* und *Iwatake*, --- Methode *Hagedorn-Jensen*).

Während Lb<sub>II</sub> steigen die BZ-Werte etwas an. Die Differenz des Mittels der täglichen Mittelwerte aller Vp beträgt noch 0,8 (für Vp F 1,1, Vp H 3,9, Vp T 3,85, Vp X 2,8 mg%).

Die innerhalb einer Viertelstunde aufgetretenen Schwankungen des NBZ (Methode *Fujita* und *Iwatake*) weisen eine mittlere Abweichung der Einzelbeobachtung von  $\sim \pm 2$  mg% auf (Mittel aller  $\sigma = 1,93$  mg%). Bei einem BZ-Wert von 80 mg% entspricht dies einer mittleren Schwankung von 5%, die außerhalb der Fehlerbreite der Methode (1,5–2%) liegt (im Einzelfall in 15 Minuten bis maximal 15%: bei Vp X am 1. Tag).

### Besprechung der Ergebnisse

Der nach der Methode *Fujita* und *Iwatake* ermittelte NBZ sinkt beim Aufstieg und elftägigen Aufenthalt im Höhenklima geringgradig ab und steigt bei der Rückkehr ins Tiefland wieder leicht an. Die Senkung ist bei allen Vp zu erkennen, fällt aber in den Bereich sowohl der interdiurnen, als auch im Verlauf einer Viertelstunde auftretenden und in der Literatur angeführten physiologischen Schwankungen (*Mauriac* et al. [11]).

Der nach der Methode *Hagedorn-Jensen* bestimmte NBZ zeigt weder beim Aufstieg und elftägigen Aufenthalt im Höhenklima, noch bei der

Rückkehr ins Tiefland eine charakteristische Änderung. Die zwischen den einzelnen Versuchsperioden  $Lb_I$ - $Jj$ - $Lb_{II}$  auftretenden Differenzen des NBZ liegen innerhalb der interdiurnen und der innerhalb einer Viertelstunde auftretenden Schwankungen. Dieses Ergebnis steht in Übereinstimmung mit denjenigen von *Abderhalden* (12), *Forbes* (13) und *Schäffeler* und *Flury* (14).

Die relativ lange Vorperiode in Lauterbrunnen schaffte ein Niveau, das für unsere Höhenwerte ein sicherer Ausgangspunkt war (*von Muralt* [15]).

Der Vergleich der Ergebnisse beider Methoden zeigt, daß auf Jungfraujoch bei der BZ-Bestimmung nach der Methode *Hagedorn-Jensen* mehr reduzierende Stoffe vorhanden sind als nach der Methode *Fujita-Iwatake*. Diese Methode liefert wahre BZ-Werte, während mit der Methode *Hagedorn-Jensen* 30% des im Blut vorhandenen Glutathions mitreduzieren. Der Glutathionspiegel im Blut ist nach *Delrue* und *Fischer* (8) auf Jungfraujoch gegenüber dem Tiefland um rund 100% erhöht, was sich in der größern Restreduktion bei der Bestimmung nach *Hagedorn-Jensen* bemerkbar macht.

Wenn auch aus unseren Versuchen eine signifikante Veränderung des NBZ unter dem Einfluß der Höhe *nicht* hervorgeht, so besteht doch nach der Methode *Fujita-Iwatake* eine geringe Tendenz zur Senkung. Diese läßt sich mit den in der Literatur erwähnten Veränderungen des intermediären Kohlehydratstoffwechsels vereinbaren.

Im Höhenklima wird infolge von Kohlensäure-Abrauchung das Säure-Basen-Gleichgewicht nach der alkalischen Seite verschoben (*Winterstein* [16]), *Abderhalden* [12], *Brehme* und *György* [17]). Eine Alkalose des Blutes ist aber begleitet von einer Hypoglykämie (*di Macco* [18], *Underhill* [19], *Hendrix* und *McAmis* [20], *Choisy* et al. [21]) und nach *Eggleton* und *Evans* (22) am Herz-Lungen-Präparat ausgeführten Versuchen gleichzeitig mit Vermehrung der Blutmilchsäure. *Hartmann* und *von Muralt* (23) sowie *Bluntschli* (24) stellten auf Jungfraujoch einen solchen Anstieg der Ruhe-Blutmilchsäure fest. *Macleod* und *Fulk* (25) beobachteten bei Alkaligaben vermehrte Zuckerretention in der Leber. *Evans* (26) und *Elias* (27) sowie *Kreienberg* und *Gerke* (28) stellten fest, daß die Leber bei vermindertem  $O_2$ -Partialdruck mehr Glykogen speichert. *Kreienberg* und *Wiesenhütter* (29) fanden, daß in der Unterdruckkammer unter dem Einfluß des  $CO_2$ -Verlustes das Leberglykogen weniger stark abnimmt, während durch Zusatz von 3%  $CO_2$  zur Atemluft diese Wirkung ausblieb.

Aus diesen Untersuchungen ergibt sich folgendes Bild:

Der durch Hyperventilation eintretende  $CO_2$ -Verlust wird einerseits kompensiert durch vermehrte Blutmilchsäure, die aus glykolytischen Vorgängen stammt; andererseits veranlaßt er die Leber zu einer Sparmaßnahme, indem diese bei vermehrter Speicherung weniger Zucker abgibt. Bei der Feinheit der Regulationen ist aber nur mit einer ganz schwachen Senkung des NBZ zu rechnen.

Unsere Untersuchungen wurden während einer Schlechtwetterperiode ausgeführt. Ein Einfluß der Bestrahlung ist deshalb unwahrscheinlich.

Die klimaphysiologischen Untersuchungen haben ja deutlich gezeigt, daß die Verhältnisse beim Übergang auf die Höhe vom Jungfraujoch anders sind als bei Unterdruckkammerversuchen und großen Höhen. Es ist aber trotzdem interessant, einen kurzen Vergleich mit den Ergebnissen dieser Untersuchungen anzustellen.

Das Verfahren in der Unterdruckkammer (Uk) wie es von *Schmidt* (30), *Schmitz* (31), *Anthony* und *Atmer* (32), *Goebel* und *Miller* (33), *Opitz* und *Tilmann* (34) und *Kreienberg* und *Gerke* (28) angewandt wurde, bietet einesteils große Vorteile, indem wesentliche Faktoren wie meteorologische Einflüsse, Bestrahlung, körperliche Anstrengungen und eventuell auch emotionelle Momente ausgeschaltet werden und so der verminderte  $O_2$ -Partialdruck allein zur Wirkung kommt. Jedoch wird die künstliche Höhe rasch erreicht, dauert nur kurze Zeit und wird rasch wieder verlassen; so kann es im Organismus nicht zu einer derart tiefgreifenden Umstellung kommen wie sie im Hochgebirge erfolgt, abgesehen von jenen Versuchen, bei denen die künstlich erzeugte Höhe weit über derjenigen des Hochgebirges lag. Es besteht deshalb keine direkte Vergleichsmöglichkeit zwischen den Versuchsergebnissen in der Unterdruckkammer und denjenigen im Hochgebirge.

*Schmidt* (30) prüfte den BZ-Spiegel beim Einatmen von  $O_2$ -armem Luftgemisch und in der Unterdruckkammer. Beim Einatmen von  $O_2$ -armem Luftgemisch (entsprechend Höhen von 3500–5900 m) zeigte sich im allgemeinen eine geringe Tendenz zur Senkung des BZ, die nur bei zwei Versuchspersonen außerhalb des Bereiches der physiologischen Schwankungen lag (*Mauriac* et al. [11]). Die Kammerversuche wiesen noch geringfügigere Schwankungen des BZ auf, die im wesentlichen innerhalb der Fehlergrenze lagen. Die Unterschiede waren außerdem nicht gleichgerichtet.

In den Untersuchungen von *Schmitz* (31) sanken die BZ-Werte während der zweistündigen Vorversuchsperiode, um noch weiter während der eigentlichen Versuchszeit bei vermindertem  $O_2$ -Partialdruck (entsprechend 5000 m) abzusinken. (Das Allgemeinbefinden der Vp während der Versuchszeit war gestört.) Hier wie auch bei *Schmidt* (30) wurde die Kältewirkung besonders beachtet (*Catrein* [35], *di Maccio* [36]).

*Anthony* und *Atmer* (32) fanden in der Unterdruckkammer eine Erhöhung des BZ, wobei ihre Vp sitzend Schreiarbeit leisteten.

In den Tierversuchen von *Goebel* und *Miller* (33) wurde bei einer Aufstiegsdauer von 10–15 Sek. eine Höhe von 20000 m erreicht. Die Versuchstiere verloren das Bewußtsein. Es wurde eine Hyperglykämie gefunden (zugleich war das Säure-Basen-Gleichgewicht nach der sauren Seite verschoben).

*Opitz* und *Tilmann* (34) setzten die Tiere verschieden großer Verminderung des  $O_2$ -Partialdruckes aus, wobei geringe Druckherabsetzung eine Hypoglykämie, große eine Hyperglykämie verursachte. Dieser Befund scheint uns klar und übersichtlich zu sein.

Bei ähnlichen Versuchsbedingungen wie *Schmitz* (31) stellten *Kreienberg* und *Gerke* (28) bei einem  $O_2$ -Partialdruck, entsprechend 8000 m Höhe, eine BZ-Senkung von 40–45 mg % fest.

*Acqua* (37) konnte in Höhenflügen (1000–4300 m) keine BZ-Veränderung feststellen. Nur einmal trat eine BZ-Erhöhung auf, die der Autor auf psychische Einflüsse zurückführt. Jedoch ist anzunehmen, daß bei dieser Untersuchungsart der Auf- und Abstieg und der Höhengenaufenthalt in so kurzer Zeitspanne ablaufen, daß hier die gleichen Vorbehalte wie beim Unterdruckkammer-Verfahren gemacht werden können.

Im Hochgebirgsklima, in Versuchen mit Hunden, stellte *Abderhalden* (12) in einer Höhe von 2450 m keine wesentliche Veränderung des BZ gegenüber dem Tiefland fest. Angaben über die genauen Versuchsbedingungen fehlen.

*Frenkel-Tissot* (38) fand in der relativ geringen Höhe von 1700 m BZ-Werte von 80–120 mg%; Ausgangswerte in der Ebene wurden nicht bestimmt.

*Baichenko* (39) fand bei seinen Untersuchungen auf 4200 m Höhe eine zum Teil sehr beträchtliche Hyperglykämie von 90–224 mg%. Es handelt sich zum großen Teil nicht um Nüchternwerte; zum Teil erfolgten die Blutentnahmen im Anschluß an große körperliche Anstrengungen.

*Forbes* (13) stellte in Höhen bis auf 5100 m einen leichten Anstieg des BZ in Ruhe fest. Nach des Autors Ansicht kann dieser nicht mit Sicherheit als Höheneffekt gedeutet werden.

*Holmquist* (40) beobachtete gleich nach der Ankunft (Bahnfahrt) auf Jungfrauojoch (3457 m) eine starke Erhöhung des BZ sowohl bei allen Vp als auch bei den als Versuchstiere benutzten Kaninchen. Die während der Höhenkrankheit eingetretene Steigerung des BZ ging einige Stunden nach Abklingen der Symptome wieder zurück.

*Wiesinger* und *Schertenleib* (1) fanden beim Übergang auf das Jungfrauojoch nach anfänglicher kurzdauernder Senkung eine Steigerung des BZ, die im Verlaufe fortschreitender Akklimatisation wieder auf den Talwert absank. Nach der Rückkehr ins Tal trat in manchen Fällen eine Erhöhung ein. Die Blutentnahmen erfolgten zum Teil frühmorgens nüchtern, zum Teil vier Stunden nach dem Frühstück. Es wurde teils Kapillar-, teils Venenblut verwendet.

Aus allen diesen Befunden scheint uns folgender Schluß zulässig zu sein. Im Hochgebirgsklima bis 3500 m kommt es zu keiner Veränderung des Nüchternblutzuckerspiegels, es sei denn zu einer ganz geringen Senkung, die wir mit der respiratorischen Höhenalkalose in Verbindung bringen. Bei großen Höhen macht sich zunehmend eine Hyperglykämie bemerkbar, die wohl mit Erhöhung des Sympathicus-Tonus und der entsprechenden Mobilisierung des Blutzuckers zusammenhängen dürfte.

### Zusammenfassung

1. Vier jungen, gesunden Versuchspersonen wurde während elf Tagen auf Jungfrauojoch (3457 m), einer sechstägigen Vorperiode und einer viertägigen Nachperiode in Lauterbrunnen (800 m) der Nüchternblutzucker des Kapillarblutes täglich viermal bei fünfminütigem Intervall der Blutentnahmen nach den Methoden von *Fujita* und *Iwatake* (4) und *Hagedorn-Jensen* (7) bestimmt.

2. Die Nüchternblutzuckerwerte, bestimmt nach der Methode von *Fujita* und *Iwatake* (4), zeigen auf Jungfrauojoch gegenüber der Vor- und Nachperiode in Lauterbrunnen eine *geringe* Tendenz zur Senkung, die innerhalb der physiologischen Schwankungen liegt. Die Senkungstendenz des Nüchternblutzuckers unter dem Einfluß der Höhe kann aus den im Hochgebirge veränderten intermediären Kohlehydratstoffwechselvorgängen erklärt werden.

3. Die Nüchternblutzuckerwerte, bestimmt nach der Methode *Hagedorn-*

*Jensen* (7), zeigen während der ganzen Dauer der Untersuchungen keine außerhalb der physiologischen Schwankungen liegenden Veränderungen.

4. Die im Verlaufe einer Viertelstunde auftretenden Schwankungen des Nüchternblutzuckers betragen durchschnittlich 5%, maximal 15%.

1. *Wiesinger, K.*, und *Schertenleib, F.*: *Helv. Physiol. Acta*, Suppl. III, 205 (1944).
2. *Isaac, S.*, und *Siegel, R.*: *Hdb. norm. pathol. Physiol.* **4**, 472 (1928).
3. *Stepp, W.*: *Erg. Physiol.* **20**, 108 (1922).
4. *Fujita, A.*, und *Iwatake, D.*: *Biochem. Z.* **242**, 43 (1931).
5. *Sjollem, B.*: *Biochem. Z.* **182**, 453 (1927).
6. *Somogy, M.*: *J. biol. Chem.* **70**, 599 (1926).
7. *Hagedorn, H.*, und *Jensen, B.*: *Biochem. Z.* **135**, 48 (1923).
8. *Delrue, G.*, und *Fischer, A.*: *C. r. Soc. Biol.* **113**, 942 (1933).
9. *Heyden, H.*: *Luftfahrtmed.* **6**, 140 (1942).
10. *Santavy, F.*: *C. r. Soc. Biol.* **3**, 113 (1938).
11. *Mauriac, P.*, *Broustet, P.*, und *Dupin, A.*: *C. r. Soc. Biol.* **112**, 587 (1933).
12. *Abderhalden, E.*, *Kotschneff, N.*, *London, E.*, *Loewy, A.*, *Rabinkowa, L.*, *Roske, G.*, *Rossner, E.*, und *Wertheimer, E.*: *Pflügers Arch.* **216**, 362 (1927).
13. *Forbes, W. H.*: *Amer. J. Physiol.* **116**, 309 (1936).
14. *Schäffeler, K.*, und *Flury, M.*: *Helv. Physiol. Acta* **6**, 596 (1948).
15. *von Muralt, A.*: *Helv. Physiol. Acta* Suppl. III, 13 (1944).
16. *Winterstein, H.*: *Biochem. Z.* **70**, 45 (1915).
17. *Brehme, T.*, und *György, P.*: *Biochem. Z.* **186**, 213 (1927).
18. *di Macco, G.*: *Ref. Ber. ges. Physiol.* **75**, 124 (1934).
19. *Underhill, F.*: *J. biol. Chem.* **25**, 463 (1916).
20. *Hendrix, B.*, und *MacAmis, A.*: *J. biol. Chem.* **61**, 45 (1924).
21. *Choisy, R.*, *Djivanoff, S.*, und *Ceresole, P.*: *Schw. Med. Wsehr.* **38**, 900 (1930).
22. *Eggleton, M.*, und *Evans, C.*: *J. Physiol.* **76**, 261 (1930).
23. *Hartmann, H.*, und *von Muralt, A.*: *Biochem. Z.* **271**, 74 (1934).
24. *Bluntschli, H.*: *Diss. Med. Bern* 1942.
25. *Macleod, J.*, und *Fulk, M.*: *Amer. J. Physiol.* **42**, 193 (1917).
26. *Evans, G.*: *Amer. J. Physiol.* **110**, 273 (1934).
27. *Elias, H.*: *Biochem. Z.* **48**, 120 (1912).
28. *Kreienberg, W.*, und *Gerke, D.*: *Pflügers Arch.* **246**, 129, 171 (1943).
29. *Kreienberg, W.*, und *Wiesenhütter, E.*: *Pflügers Arch.* **247**, 11 (1943).
30. *Schmidt, L.*: *Z. exp. Med.* **97**, 813 (1936).
31. *Schmitz, H.*: *Luftfahrtmed.* **1**, 361 (1937).
32. *Anthony, A.*, und *Atmer, S.*: *Luftfahrtmed.* **1**, 364 (1937).
33. *Goebel, F.*, und *Miller, J.*: *Luftfahrtmed.* **4**, 54 (1940).
34. *Opitz, F.*, und *Tilmann, O.*: *Luftfahrtmed.* **1**, 69, 101 (1937).
35. *Catrein, J.*: *Z. klin. Med.* **118**, 688 (1931).
36. *di Macco, G.*: *Biochim. Ter. sper.* **20**, 265 (1933).
37. *Acqua, M.*: *Fisiol. e Med.* **1**, 591 (1930).
38. *Frenkel-Tissot, H.*: *Dtsch. Arch. klin. Med.* **133**, 286 (1920).
39. *Baicenko, J. P.*, und *Krestownikoff, A. N.*: *Arbeitsphysiol.* **6**, 359 (1933).
40. *Holmquist, A.*: *Acta Aerophysiol. Hamburg* I/3, 21 (1934).
41. *Schäffeler, K.*: *Helv. Physiol. Acta* **6**, 584 (1948).









